

No English title available.

Patent Number: DE19620874
Publication date: 1997-11-27
Inventor(s): EMMONS F RICHARD (DE)
Applicant(s): BMW ROLLS ROYCE GMBH (DE)
Requested Patent: ☐ DE19620874
Application Number: DE19961020874 19960523
Priority Number(s): DE19961020874 19960523
IPC Classification: F23R3/34; F23C11/04; F04B49/035; F23K5/14
EC Classification:
Equivalents: ☐ EP0900351 (WO9744622), B1, ES2165057T, ☐ WO9744622

Abstract

A gas turbine combustion chamber comprises pilot burners (26a) and main burners (26b), the latter being switched off when the fuel supply is interrupted. In particular to prevent problems during the transition from the mode in which the pilot burners are operating alone to the mode in which both the pilot burners and the main burners are operating, the main burners can be operated with pulsed fuel injection. By varying in a specific manner the pulsation frequency and the amount of fuel introduced with each injection pulse, the main burners can each be operated with the most favourable air-fuel ratio over a wide operating range. The invention further concerns a particularly advantageous pulse-metering device for producing this pulsed fuel injection.

Data supplied from the esp@cenet database - I2



①⑨ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 196 20 874 A 1**

⑤① Int. Cl.⁶:
F 23 R 3/34
F 23 C 11/04
F 04 B 49/035
F 23 K 5/14

②① Aktenzeichen: 196 20 874.2
②② Anmeldetag: 23. 5. 96
④③ Offenlegungstag: 27. 11. 97

DE 196 20 874 A 1

⑦① Anmelder:
BMW Rolls-Royce GmbH, 61440 Oberursel, DE

⑦② Erfinder:
Emmons, F. Richard, 14167 Berlin, DE

⑤⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht zu ziehende Druckschriften:

DE-AS 11 00 377
DE 43 29 955 A1
DE-GM 18 90 295
US 54 03 180
US 37 56 763
EP 06 72 862 A2
WO 95 11 409 A1

⑤④ Kraftstoffeinspritzung für eine gestufte Gasturbinen-Brennkammer

⑤⑦ Eine Gasturbinen-Brennkammer weist Pilot-Brenner sowie Haupt-Brenner auf, wobei letztere durch Unterbrechung der Kraftstoffzufuhr abschaltbar sind. Insbesondere um Probleme im Übergangsbereich vom alleinigen Betrieb der Pilot-Brenner zum Betrieb sowohl der Pilot- als auch der Haupt-Brenner zu vermeiden, sind die Haupt-Brenner mit gepulster Kraftstoff-Einspritzung betreibbar. Durch gezielte Variation der Pulsationsfrequenz sowie der mit jedem Einspritz-Impuls eingebrachten Kraftstoffmenge können über einen weiten Betriebsbereich die Haupt-Brenner jeweils mit dem günstigsten Luft-Kraftstoff-Verhältnis betrieben werden. Angegeben ist auch ein besonders vorteilhafter Puls-Dosierer zu Erzeugung dieser gepulsten Kraftstoff-Einspritzung.

DE 196 20 874 A 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Kraftstoff-Einspritzung in eine gestufte Gasturbinen-Brennkammer mit separaten Kraftstoff-Einspritzdüsen für jede Stufe, wobei zumindest eine Stufe für bestimmte Betriebszustände durch Unterbrechung der Kraftstoffzufuhr abschaltbar ist. Ferner betrifft die Erfindung eine Kraftstoffeinspritzvorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Kraftstoff-Einspritzverfahrens. Zum bekannten Stand der Technik wird lediglich beispielsweise auf die WO 95/17632 verwiesen.

Gasturbinen-Brennkammern, insbesondere Ring-Brennkammern von Gasturbinen, die mit gestufter Verbrennung bzw. gestufter Kraftstoff-Einspritzung arbeiten, gewinnen zunehmend an Bedeutung. Üblicherweise ist eine Pilot-Brennkammer sowie eine Haupt-Brennkammer vorgesehen, die jeweils eine sog. Stufe bilden. Selbstverständlich können neben diesen beiden Stufen noch weitere Abstufungen bzw. Stufen vorgesehen sein. Die Pilot-Brennkammer besitzt als erste Stufe einen oder mehrere Pilot-Brenner, die im bevorzugten Anwendungsfall einer Ring-Brennkammer aus ringförmig angeordneten Kraftstoff-Einspritzdüsen bestehen, ebenso besitzt die zweite Stufe, nämlich die Haupt-Brennkammer, mehrere Haupt-Brenner, ebenfalls in Form mehrerer vorzugsweise wieder ringförmig angeordneter Einspritzdüsen.

Eine Prinzipdarstellung für eine derartige gestufte Gasturbinen-Brennkammer zeigt die beigelegte Fig. 2. Hier ist die Brennkammer-Außenwand mit der Bezugsziffer 20 und die Brennkammer-Innenwand mit der Bezugsziffer 21 bezeichnet. Diese beiden Wände 20, 21 sind noch von Hüllwänden 20a, 21a umgeben, welche letztlich auch linksseitig den Brennkammer-Eintritt 22a und rechtsseitig den Brennkammer-Austritt 22b definieren. Ferner ist die Mittellinie 23 dieser als Ring-Brennkammer ausgebildeten Gasturbinen-Brennkammer dargestellt.

Innerhalb der linken Hälfte dieser Brennkammer ist eine Trennwandstruktur 24 vorgesehen. Zwischen dieser Trennwandstruktur 24 sowie der Mittellinie 23 liegt die sog. Pilot-Brennkammer 25a, während sich unterhalb dieser Trennwandstruktur 24 die sog. Haupt-Brennkammer 25b befindet. Der Pilot-Brennkammer 25a sind Pilot-Brenner 26a zugeordnet, während für die Haupt-Brennkammer 25b Haupt-Brenner 26b vorgesehen sind. Über diese Brenner 26a, 26b wird Kraftstoff bzw. ein Kraftstoff-Luft-Gemisch in die Brennkammern eingeführt, während ein Hauptluftstrom 27 über den Brennkammer-Eintritt 22a in die einzelnen Brennkammern 25a, 25b gelangt. Ferner kann Zumschluf 28 über Durchbrüche in der Außenwand 20, in der Innenwand 21, sowie in der Trennwandstruktur 24 in die einzelnen Brennkammern 25a, 25b eintreten. Das in der Pilot-Brennkammer 25a bzw. in der Haupt-Brennkammer 25b sowie in der Zusammenführung dieser beiden Brennkammern verbranntes Kraftstoff-Luft-Gemisch wird schließlich über den Brennkammer-Austritt 22b abgeführt.

In niedrigeren Lastpunkten der Gasturbine werden lediglich die Pilot-Brenner 26a betrieben, was bedeutet, daß die Einspritzdüsen der Haupt-Brenner 26b nicht mit Kraftstoff versorgt werden. In höheren Lastpunkten der Gasturbine werden zusätzlich zu den Pilot-Brennern 26a die Haupt-Brenner 26b betrieben, so daß deren Einspritzdüsen dann mit Kraftstoff versorgt werden. Üblicherweise wird die Pilot-Brennkammer 25a, die auch

zum Starten der Gasturbine und zum Hochfahren in den Leerlauf alleinig betrieben wird, im gesamten Betriebskennfeld der Gasturbine, insbesondere Flug-Gasturbine betrieben, um eine Zündquelle für die nur bedarfsweise zugeschalteten Haupt-Brenner 26b zu schaffen. Der Zweck der gestuften Verbrennung liegt in der Minimierung von Schadstoffemissionen, insbesondere von NO_x . Erreicht wird dies dadurch, daß die jeweilige Brennergröße besser an den jeweiligen Leistungsbedarf angepaßt werden kann. So sollte zur NO_x -Reduzierung die Verbrennungstemperatur möglichst gering sein, was durch gezielte Luftzufuhr (Zumschluf 28) in die Verbrennungszone erreichbar ist. Dabei sind die jeweiligen Stufen, nämlich die Pilot-Brenner 26a bzw. die Haupt-Brenner 26b auf spezielle Luft-Kraftstoff-Verhältnisse hin ausgelegt. Bei niedrigen Lastpunkten der Gasturbine, in denen insgesamt nur relativ wenig Kraftstoff verbrannt wird, wäre das den Haupt-Brennern 26b zukommende Luft-Kraftstoff-Verhältnis zu groß, um überhaupt eine sinnvolle Verbrennung unterstützen zu können. Daher werden die Haupt-Brenner 26b erst in höheren Lastpunkten der Gasturbine zugeschaltet.

Nach welcher Strategie die einzelnen Brenner, nämlich die Pilot-Brenner 26a sowie die Haupt-Brenner 26b hierbei mit Kraftstoff versorgt werden, ist in Fig. 3 dargestellt. Auf der Abszisse dieses Diagrammes ist der Summen-Kraftstoff-Fluß für die beiden Brenner aufgetragen, auf der Ordinate der prozentuale Anteil der Pilot-Brenner 26a bzw. der Haupt-Brenner 26b an diesem Summen-Kraftstoff-Fluß. Die entsprechende Kennlinie des Pilot-Brenners 26a ist mit dem Buchstaben A bezeichnet, diejenige der Haupt-Brenner 26b mit dem Buchstaben B. Man erkennt, daß bei zunächst nur geringem Summen-Kraftstoff-Fluß, d. h. im linken Teilbereich dieses Diagrammes lediglich die Pilot-Brenner 26a betrieben werden, so daß deren Anteil am Summen-Kraftstoff-Fluß 100% beträgt. Bei zunehmendem Summen-Kraftstoff-Fluß werden nun die Haupt-Brenner 26b zugeschaltet, und zwar im Umschaltzeitpunkt Z. Hierbei soll jedoch kein schlagartiger Leistungszuwachs erfolgen. Erwünscht ist vielmehr ein sanfter Leistungszuwachs, so daß mit einer zunächst relativ geringen Versorgung der Haupt-Brenner 26b gleichzeitig die Pilot-Brenner 26a mit einer geringeren Kraftstoffmenge versorgt werden. Dieser Umschaltzeitpunkt Z ist hinsichtlich seiner Auslegung daher äußerst kritisch, da sowohl in den Pilot-Brennern 26a, als auch in den Haupt-Brennern 26b stets ein geeignetes Kraftstoff-Luftverhältnis vorliegen muß. Die gleichen Überlegungen gelten dabei auch bezüglich einer Leistungsrücknahme der Gasturbine, wenn also die zunächst betriebenen Haupt-Brenner 26b wieder abgeschaltet werden. Um Instabilitäten in der direkten Umgebung dieses Umschaltzeitpunktes Z zu vermeiden, wird in der eingangs genannten WO 95/17632 hierfür eine Steuerung vorgeschlagen, die eine Hysterese enthält. Bei zunehmendem Schub werden die Haupt-Brenner erst bei einem höheren Gesamt-Kraftstoffdurchsatz zugeschaltet, als sie bei abnehmendem Schub abgeschaltet werden.

Da es jedoch erwünscht ist, in einem definierten Lastpunkt bzw. Schubzustand der Gasturbine stets auch einen definierten Kraftstoffdurchsatz zu haben — d. h. unabhängig davon, ob es sich um eine Schubzunahme oder um eine Schubrücknahme handelt —, hat sich die Erfindung die Aufgabe gestellt, eine andere Lösung für die oben geschilderte Problematik im Zusammenhang mit dem Umschalten einer zweiten Stufe zu einer ersten Stufe aufzuzeigen.

Gelöst wird diese Aufgabe dadurch, daß zumindest die abschaltbare Stufe mit gepulster Kraftstoff-Einspritzung betreibbar ist. Geeignete Kraftstoffeinspritzvorrichtungen zur Durchführung dieses erfindungsgemäßen Kraftstoff-Einspritzverfahrens sind in den Ansprüchen 5 und 6 beschrieben, während die weiteren Unteransprüche vorteilhafte Aus- und Weiterbildungen zum Inhalt haben.

Erfindungsgemäß ist zumindest die abschaltbare Stufe, d. h. bevorzugt die oben erläuterte Haupt-Brennkammer 25b, mit gepulster Kraftstoff-Einspritzung betreibbar. Dies bedeutet, daß dann keine kontinuierliche, sondern eine diskontinuierliche Kraftstoff-Einspritzung erfolgt. Der Kraftstoff wird somit quasi getaktet in die Brennkammer eingeführt, wobei die Pulsationsfrequenz im Bereich zwischen einigen Hz bis zu einigen 100 Hz liegen kann. Diese gepulste Einspritzung hat zumindest theoretisch eine ebenso gepulste Verbrennung zur Folge. Für jeden Einspritzimpuls bzw. für jeden sog. Verbrennungs-Impuls ist dabei ein günstiges Kraftstoff-Luft-Verhältnis einstellbar. Dadurch, daß zumindest bei niedrigen Kraftstoffmengen nicht mehr kontinuierlich, sondern nurmehr zeitweise Kraftstoff eingespritzt wird, kann somit bei Einstellung günstiger Kraftstoff-Luft-Verhältnisse insgesamt deutlich weniger Kraftstoff eingespritzt werden, als dies bei einer herkömmlichen kontinuierlichen Einspritzung möglich ist. Insbesondere sind aufgrund der gepulsten Einspritzung im sog. Zuschaltpunkt Z auch keine Instabilitäten zu befürchten, so daß zum einen ein weicher Übergang beim Zuschalten der zweiten Stufe erzielbar ist und zum anderen tatsächlich für jeden Betriebspunkt bzw. Schubwert eine definierte Kraftstoffmenge in die Brennkammer eingeführt wird, unabhängig davon, ob es sich nun um eine Schubzunahme oder um eine Schubrücknahme handelt.

Die Pulsationsfrequenz, die bevorzugt variierbar sein soll, um in einer Vielzahl von Betriebspunkten eine jeweils günstige Verbrennung einstellen zu können, kann bevorzugt oberhalb der charakteristischen Frequenzen von möglichen Brennkammer-Schwingungen liegen, so daß keine negativen Auswirkungen auf den Verbrennungswirkungsgrad bzw. auf den Schub sowie die Lärmerzeugung zu befürchten sind. Vielmehr ist stets eine Verbrennung mit einem günstigen Wirkungsgrad erreichbar, da für jeden Verbrennungs- bzw. Einspritzimpuls ein günstiges Kraftstoff-Luft-Verhältnis vorliegt. Während bei der heute üblichen kontinuierlichen Kraftstoff-Einspritzung in die (abschaltbare) Hauptbrennkammer der Minimalwert des Kraftstoffdurchsatzes durch die Instabilität der Verbrennung durch ein zu mageres Kraftstoff-Luft-Gemisch bestimmt ist, ist bei einer erfindungsgemäßen gepulsten Kraftstoff-Einspritzung für jeden Kraftstoffimpuls ein größeres Kraftstoff-Luft-Verhältnis realisierbar, so daß durch gezielte Auswahl der Pulsationsfrequenz auch bei deutlich geringerer Kraftstoff-Summenzufuhr noch eine stabile Verbrennung bzw. eine Reihe von stabilen Verbrennungs-Impulsen erzielbar ist.

Wie bereits erläutert, kann die Pulsationsfrequenz der diskontinuierlichen Kraftstoff-Einspritzung variiert werden, um die in einer gewissen Zeitspanne eingespritzte Kraftstoff-Summenmenge an den jeweiligen Betriebspunkt der Gasturbine anpassen zu können. Es ist aber auch erwünscht, die mit jedem Einspritz-Impuls einbringbare Kraftstoffmenge variieren zu können, wobei hierfür mehrere Möglichkeiten existieren. Zum einen kann bei einer konstanten Kraftstoffmenge je Zeiteinheit die Einspritzdauer geändert werden, zum ande-

ren kann bei einer konstanten Einspritzdauer die hierbei eingebrachte Kraftstoffmenge verändert werden. Selbstverständlich ist es auch möglich, diese beiden Strategien miteinander zu kombinieren, ebenfalls wie zusätzlich die Pulsationsfrequenz angepaßt werden kann, so daß insgesamt durch die vielen Variationsmöglichkeiten für jeden Betriebspunkt der Gasturbine die jeweils optimale Kraftstoff-Einspritzung gewählt werden kann. Dabei sei darauf hingewiesen, daß in Hochlast-Betriebspunkten selbstverständlich von der gepulsten Einspritzung auf eine kontinuierliche Kraftstoff-Einspritzung umgeschaltet werden kann.

Ferner sei noch auf einen weiteren Vorteil der gepulsten Kraftstoff-Einspritzung hingewiesen. Durch gezielte Auswahl der Pulsationsfrequenz können nämlich die üblichen Verbrennungsfrequenzen derart gesteuert werden, daß das sog. "Verbrennungs-Brummen", das bei instabiler Verbrennung bei geringem Kraftstoffdurchsatz auftreten kann aus den charakteristischen Frequenzen von möglichen Brennkammer-Schwingungen resultiert, minimiert werden kann. Im übrigen sei noch darauf hingewiesen, daß bevorzugt die erste Stufe oder Pilotbrennkammer, welche üblicherweise nicht in bestimmten Betriebszuständen abgeschaltet wird, mit einer kontinuierlichen Kraftstoff-Einspritzung arbeiten kann bzw. sollte, insbesondere auch um eine sichere Zündung des Brennstoff-Luft-Gemisches in der zweiten Stufe oder Hauptbrennkammer zu gewährleisten.

Eine vorteilhafte Kraftstoffeinspritzvorrichtung zur Durchführung einer derartigen gepulsten Kraftstoff-Einspritzung kann aus einem elektromagnetisch und/oder hydraulisch betätigten Kraftstoff-Einspritzventil bestehen, dessen Öffnungszeitpunkt und Öffnungsdauer gezielt einstellbar ist. Derartige Kraftstoff-Einspritzventile sind von Hubkolben-Brennkraftmaschinen her bekannt. Entsprechend abgewandelt können derartige Kraftstoff-Einspritzventile nun dazu verwendet werden, entweder direkt den Kraftstoff in die Brennkammer einer Gasturbine einzuspritzen oder sie können einer im wesentlichen üblichen Kraftstoff-Einspritzdüse vorgeschaltet sein.

Eine weitere Kraftstoff-Einspritzvorrichtung zur Durchführung einer erfindungsgemäßen gepulsten Kraftstoff-Einspritzung kann aus einem geeigneten Pulsations-Steuerventil bestehen, das einer an sich üblichen, in der Brennkammer mündenden Kraftstoff-Einspritzdüse vorgeschaltet ist. Zusätzlich zum Pulsations-Steuerventil kann dieser Einspritzdüse ein Dosierventil vorgeschaltet sein, wobei es besonders vorteilhaft ist, das Pulsations-Steuerventil sowie das Dosierventil in einem Bauelement zusammenzufassen, welches im folgenden als "Puls-Dosierer" bezeichnet wird.

Ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel für einen derartigen Puls-Dosierer ist in Fig. 1 in einem Prinzipschnitt dargestellt und wird im folgenden näher erläutert.

Mit der Bezugsziffer 1 ist ein Zylinder des beschriebenen Puls-Dosierers bezeichnet, innerhalb dessen ein Steuerkolben 2 um die Zylinderachse 3 verdrehbar sowie in Richtung der Zylinderachse 3 verschiebbar angeordnet ist. Über einen Zylinder-Wanddurchbruch 4 ist in den Innenraum des Zylinders 1 Kraftstoff gemäß Pfeil 18a einleitbar, über einen weiteren als Steuerfenster 5 bezeichneten Durchbruch in der Zylinderwand ist Kraftstoff aus dem Zylinder-Innenraum gemäß Pfeil 18b abführbar. Der Zylinder-Wanddurchbruch 4 sowie das Steuerfenster 5 sind mit dem Kraftstoff-Versorgungssystem einer abschaltbaren Stufe einer gestuften Gasturbinen-Brennkammer verbunden, wobei der über das

Steuerfenster 5 abgeführte Kraftstoff (Pfeil 18b) zu den Kraftstoff-Einspritzdüsen dieser abschaltbaren Brennkammer-Stufe hingeführt wird.

Der Steuerkolben 2 ist zumindest abschnittsweise hohl ausgebildet, so daß ein lediglich gestrichelt dargestellter Kolben-Innenraum 6 vorliegt, in welchen wie ersichtlich Kraftstoff, der gemäß Pfeil 18a über den Wanddurchbruch 4 in das Innere des Zylinders 1 einströmt, gelangen kann. Somit ist dieser Kolben-Innenraum 6, der hier in Form zweier Bohrungen ausgebildet ist, mit dem Kraftstoffversorgungssystem der Gasturbine verbunden ist. An der Außenwand des Steuerkolbens 2 ist zumindest ein Steuerschlitz 7 vorgesehen, der mit dem Kolben-Innenraum 6 bzw. mit den entsprechenden Bohrungen in Verbindung steht. Somit kann Kraftstoff, der über den Wanddurchbruch 4 herangeführt wird, letztlich über den Steuerschlitz 7 austreten.

Etwa in Höhe des Steuerschlitzes 7 befindet sich in der Wand des Zylinders 1 das bereits erläuterte Steuerfenster 5. Wird nun der Steuerkolben 2 um die Zylinderachse 3 kontinuierlich gedreht, so wird über das Steuerfenster 5 Kraftstoff, der über den Wanddurchbruch 4 herangeführt wurde, gepulst abgeführt. Jedesmal, wenn der Steuerschlitz 7 bei Rotation des Steuerkolbens 2 mit dem Steuerfenster 5 zur Deckung kommt, kann nämlich eine Kraftstoffteilmenge gemäß Pfeil 18b durch das Steuerfenster 5 austreten und letztlich zur Kraftstoff-Einspritzdüse der Brennkammer-Stufe gelangen. Sobald jedoch der rotierende Steuerschlitz 7 das Steuerfenster 5 passiert hat, wird dieser Kraftstoff-Fluß wieder unterbrochen. Allein durch Rotation des Steuerkolbens 2 im Zylinder 1 ist somit eine gepulste Kraftstoff-Einspritzung in eine Gasturbinen-Brennkammer-Stufe erzielbar. Dabei ist die Pulsationsfrequenz durch die Drehgeschwindigkeit des Steuerkolbens 2 im Zylinder 1 vorgegeben, so daß mit gezielter Auswahl der Drehgeschwindigkeit eine bestimmte Pulsationsfrequenz einstellbar ist.

Die Menge des über das Steuerfenster 5 abgeführten Kraftstoffes kann zwar auch durch die Rotationsfrequenz des Steuerkolbens 2 bzw. Steuerschlitzes 7 beeinflusst werden. Ist jedoch im Hinblick auf gewisse Randbedingungen eine gewisse Rotationsfrequenz erwünscht, so ist eine bevorzugte Einstellung der je Kraftstoff-Impuls abgegebenen Kraftstoffmenge dadurch möglich, daß der Steuerkolben 2 längs der Zylinderachse 3 in bzw. gegen Pfeilrichtung 14 verschoben wird. Hierdurch kann die wirksame Länge 1 des Steuerschlitzes 7, über welche dieser mit dem Steuerfenster 5 zur Deckung kommt, verändert werden. Bei einem größeren Wert der Länge 1 wird eine größere Menge Kraftstoff über das Steuerfenster 5 abgeführt, bei einer kleineren Länge 1 eine geringere Kraftstoffmenge.

In Rotation um die Zylinderachse 3 versetzt werden kann der Steuerkolben 2 von der gearbox der Gasturbine, aber auch beispielsweise von einem Elektromotor, von dem lediglich das Abtriebsritzel 8 dargestellt ist, mit welchem ein Getrieberad 9 kämmt, das über einen Achsstummel 10 mit einem sog. Führungsfortsatz 11 des Steuerkolbens 2 verbunden ist. Dieser Führungsfortsatz 11 ist ebenfalls innerhalb des Zylinders 1 geführt und weist eine Stirnseite 12' auf, auf die mit konstantem Druck ein Hydraulikmedium, welches oberhalb dieses Führungsfortsatzes 11 über eine Steueröffnung 13' in den Innenraum des Zylinders 1 gelangt einwirkt. Eine vergleichbare Steueröffnung 13 findet sich unterhalb des Steuerkolbens 2 im Zylinder 1, so daß auch auf diese untere Stirnseite 12 ein Hydraulikmedium einwirken

kann. Wird nun der Hydraulikdruck in der Steueröffnung 13 gegenüber demjenigen in der Steueröffnung 13' erhöht, so wird der Steuerkolben 2 gemäß Pfeilrichtung 14 nach oben verschoben. Eine Erniedrigung des Druckes in der Steueröffnung 13 gegenüber demjenigen in der Steueröffnung 13' hingegen bewirkt eine Verschiebung des Steuerkolbens gegen Pfeilrichtung 14 nach unten. Diese beschriebene Verschiebewegung in bzw. gegen Pfeilrichtung 14 kann im übrigen auch das Getrieberad 9 bezüglich des Abtriebsritzels 8 durchführen, da letzteres deutlich breiter ausgebildet ist, als das Getrieberad 9.

Vorgesehen ist ferner ein über eine Stellstange 15a sowie über einen Federteller 15b auf den Steuerkolben 2 einwirkendes Federelement 16, wobei zusätzlich eine Einstellschraube 17 vorgesehen ist, die ebenfalls auf den Federteller 15b einwirken kann, derart, daß er maximale Kraftstoffdurchfluß über den Steuerschlitz 7 sowie das Steuerfenster 5 eingestellt werden kann. Jedoch kann dies sowie eine Vielzahl von Details, insbesondere konstruktiver Art durchaus abweichend von diesem gezeigten Ausführungsbeispiel gestaltet sein, ohne den Inhalt der Patentansprüche zu verlassen. Wesentlich ist vielmehr, daß ganz allgemein zumindest die abschaltbare Stufe einer gestuften Gasturbinen-Brennkammer mit gepulster Kraftstoff-Einspritzung betreibbar ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Kraftstoff-Einspritzung in eine gestufte Gasturbinen-Brennkammer mit separaten Kraftstoff-Einspritzdüsen für jede Stufe, wobei zumindest eine Stufe für bestimmte Betriebszustände durch Unterbrechung der Kraftstoffzufuhr abschaltbar ist, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest die abschaltbare Stufe mit gepulster Kraftstoff-Einspritzung betreibbar ist.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Pulsationsfrequenz der diskontinuierlichen Kraftstoff-Einspritzung variierbar ist.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die mit jedem Einspritz-Impuls einbringbare Kraftstoffmenge variierbar ist.
4. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß von diskontinuierlicher, gepulster Kraftstoff-Einspritzung auf kontinuierliche Einspritzung umgeschaltet werden kann.
5. Kraftstoff-Einspritzvorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß ein elektromagnetisch und/oder hydraulisch betätigtes Kraftstoff-Einspritzventil zum Einsatz kommt, dessen Öffnungszeitpunkt und Öffnungsdauer gezielt einstellbar ist.
6. Kraftstoff-Einspritzvorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß einer in der Brennkammer mündenden Kraftstoff-Einspritzdüse ein Pulsations-Steuerventil und/oder ein Dosierventil vorgeschaltet ist.
7. Kraftstoff-Einspritzvorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Pulsations-Steuerventil und das Dosierventil in einem Bauelement in Form eines sog. Puls-Dosierers zusammengefaßt sind.
8. Kraftstoff-Einspritzvorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Puls-Dosierer

einen in einem Zylinder (1) verdrehbar sowie in Zylinderachsrichtung (3) verschiebbar angeordneten Steuerkolben (2) aufweist, dessen Außenwand einen mit dem Kolbeninnenraum (6), der mit dem Kraftstoffversorgungssystem der Brennkammer verbunden ist, verbundenen Steuerschlitz (7) aufweist, der mit einem Steuerfenster (5) im Zylinder (1), welches ebenfalls mit dem Kraftstoff-Versorgungssystem verbunden ist, zur Deckung bringbar ist.

9. Kraftstoff-Einspritzvorrichtung nach Anspruch 8, gekennzeichnet durch zumindest eines der folgenden Merkmale:

- der Steuerkolben (2) wird von einem Elektromotor oder von der gearbox der Gasturbine in Rotation versetzt
- der Steuerkolben (2) wird durch auf zumindest eine seiner Stirnseiten (12, 12') einwirkenden Hydraulikdruck in Zylinderachsrichtung (3) positioniert.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

FIG. 1

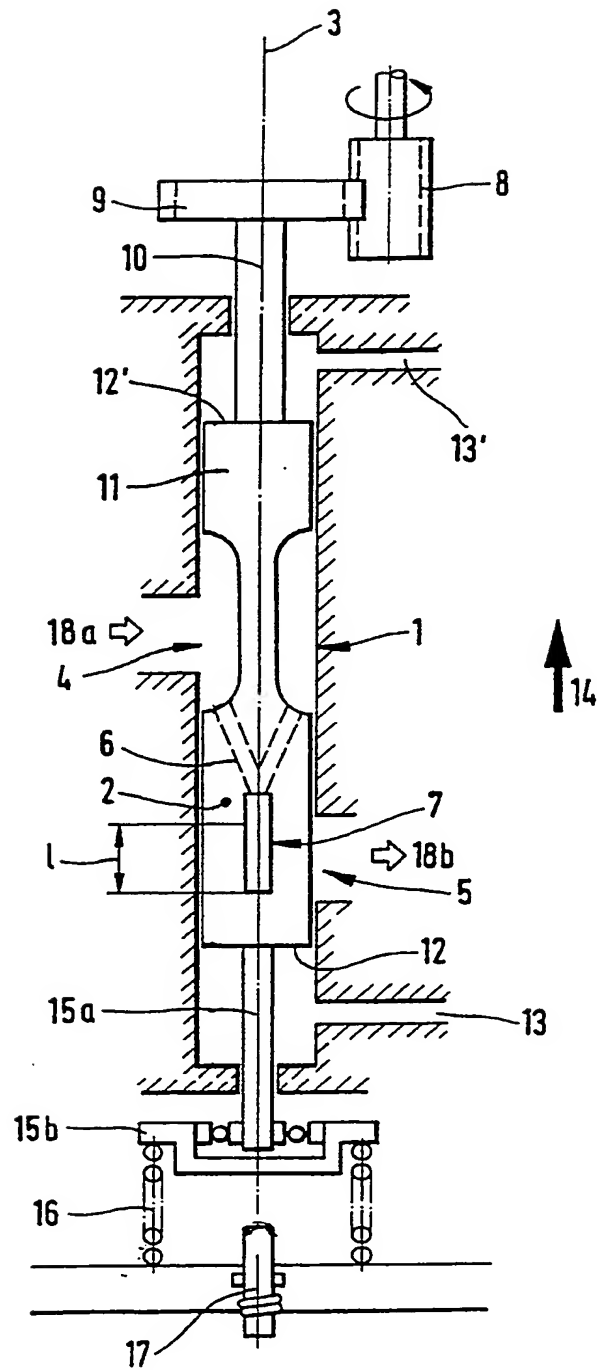


FIG. 2

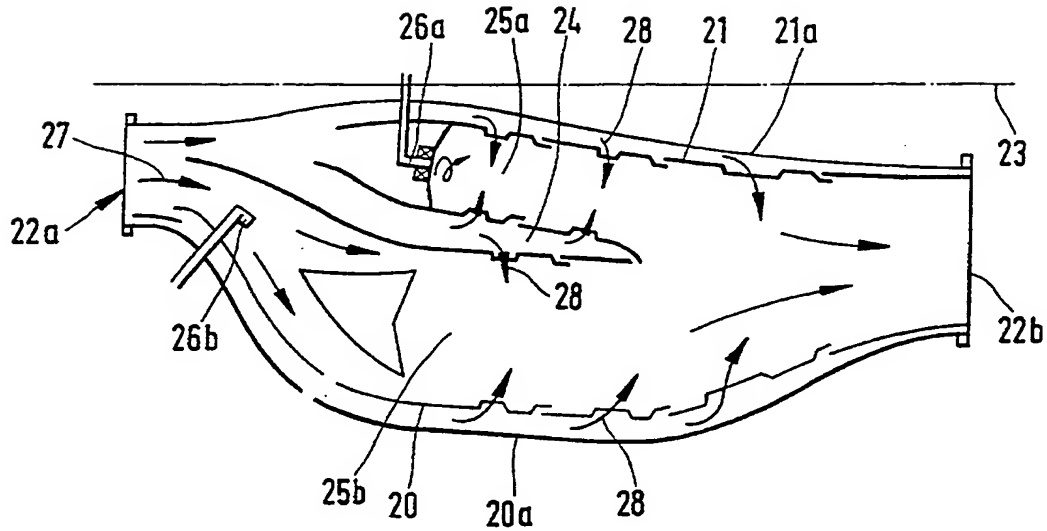


FIG. 3

